

Филатова А.Е.

Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, Украина

Метод структурной идентификации биомедицинских сигналов и изображений с локально сосредоточенными признаками

Рассматривается научно-техническая проблема синтеза интеллектуальных систем поддержки принятия решений при обработке биомедицинских сигналов и изображений. В работе используются методы цифровой обработки сигналов и изображений, многокритериальные оценки, методы выделения новых знаний с целью повышения качества принятия решений в условиях априорной неопределенности.

Ключевые слова: интеллектуальная система поддержки принятия решений, цифровая обработка сигналов и изображений, многокритериальная оценка.

Постановка проблемы. В настоящее время одной из основных тенденций развития общества является его тотальная информатизация. Медицинская информация имеет свою специфику, и увеличение ее объемов сопровождается определенными проблемами, которые обосновывают необходимость создания медицинских систем поддержки принятия решений (СППР). Из-за априорной неопределенности медицинские знания обладают сложной структурой и тяжело поддаются формализации. При этом большое количество информации о состоянии пациента формируется из анализа биомедицинских сигналов (БМС) и изображений (БМИ), полученных в результате инструментальных методов обследования. Обработываемые БМС и БМИ являются сигналами с локально сосредоточенными признаками (ЛСП). При этом для синтеза диагностических правил используются диагностические признаки, которые выделяются в результате структурной идентификации БМС и БМИ. Т.о., синтез интеллектуальных СППР (ИСППР) в медицинской диагностике на основе анализа БМС и БМИ является актуальной научно-технической проблемой. В [1] выполнена общая постановка проблемы и предложена обобщенная схема СИ БМС с ЛСП на основе нелинейного фильтра (НФ). В [2] предложен критерий качества структурной идентификации БМС с ЛСП на основе нелинейного фильтра, а также выполнен сравнительный анализ качества структурной идентификации (СИ) при различных параметрах НФ.

Цель работы – адаптация метода структурной идентификации БМС с ЛСП на основе НФ для выделения структурных элементов (СЭ) БМИ в задаче синтеза медицинских ИСППР.

Структурная идентификация БМИ с ЛСП. На основе разработанного метода СИ БМС с ЛСП предлагается метод СИ БМС, структурная схема которого изображена на рис. 1.

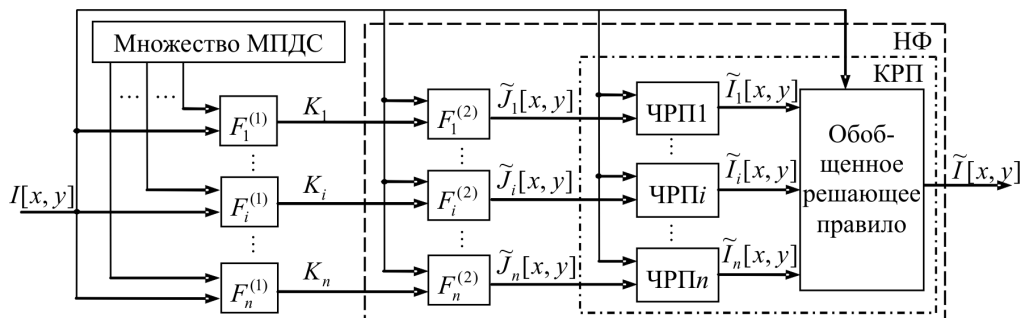


Рис. 1. Обобщенная схема структурной идентификации БМИ с ЛСП на основе НФ

Входное БМИ $I[x, y]$ параллельно подается на вход блоков преобразований 1-го уровня $F_i^{(1)}$ ($i = 1; n$), которые реализуют методы преобразования $I[x, y]$ на основе моделей полезного двумерного сигнала (МПДС). Были выделены основные свойства МПДС: инвариантность признаков к всевозможным преобразованиям изображения; простота вычисления выбранных признаков; чувствительность признаков к мешающим воздействиям, т.е. помехоустойчивость.

В качестве МПДС могут выступать коэффициенты разложения по полным ортогональным системам функций (тригонометрические многочлены, полиномы Лежандра, полиномы Чебышева, функции Радемахера, Хаара, Уолша и другие), квазиортогональные системы функций (например, двумерные бинарные случайные функции), спектральное описание и другие. На выходе каждого блока $F_i^{(1)}$ формируются кортежи $K_i = \langle I_0[x, y], \vec{p}_i, f_i(I[x, y], \vec{p}_i) \rangle$, где $I_0[x, y]$ – эталонное изображение (эталон СЭ заданного класса); \vec{p}_i – вектор параметров i -го преобразования; $f_i(I[x, y], \vec{p}_i)$ – функция i -го преобразования изображения $I[x, y]$ в пределах апертуры. В результате каждого i -го преобразований 2-го уровня $F_i^{(2)}$ вычисляются двумерные функции обнаружения i -го преобразования $\tilde{I}_i[x, y] \in [0; 1]$ по выражению $\tilde{I}_i[x, y] = \frac{1}{1 + \alpha_i D^2(J_i^s, J_i^t)}$, где α_i – коэффициент, отражающий чувствительность к изменениям СЭ одного класса за счет наложения помех и вариации параметров; $D^2(\cdot)$ – квадрат меры расстояния между двумя изображениями; $J_i^s[x', y'] = f_{i, x', y'}(I_0[x, y], \vec{p}_i)$ – признаки i -го эталона в пределах апертуры; $J_i^t[x', y'] = f_{i, x', y'}(I[x, y], \vec{p}_i)$ – признаки текущего фрагмента изображения i -го преобразования в пределах апертуры. В зависимости от выбранной МПДС могут быть использованы различные виды расстояний. Если необходимо учитывать неоднородность признаков, описывающих изображения, то целесообразно использовать метрику вида

$$D(J_i^s, J_i^t) = \sqrt{\frac{1}{N_x N_y} \sum_{x'=1}^{N_x} \sum_{y'=1}^{N_y} w[x', y'] (J_i^s[x', y'] - J_i^t[x', y'])^2},$$

где $w[x', y']$ – весовые коэффициенты; N_x, N_y – линейные размеры изображений.

Для вычисления робастных к изменениям яркости и контраста расстояний можно использовать следующую метрику:

$$D(J_i^s, J_i^t) = \sqrt{\frac{1}{N_x N_y} \sum_{x'=1}^{N_x} \sum_{y'=1}^{N_y} (J_i^s[x', y'] - \bar{J}_i^s - (J_i^t[x', y'] - \bar{J}_i^t) K)^2},$$

где

$$K = \max \left| \frac{\sum_{x'=1}^{N_x} \sum_{y'=1}^{N_y} (J_i^s[x', y'] - \bar{J}_i^s)(J_i^t[x', y'] - \bar{J}_i^t)}{\sum_{x'=1}^{N_x} \sum_{y'=1}^{N_y} (J_i^s[x', y'] - \bar{J}_i^s)^2}, 0 \right|.$$

На основании функций $\tilde{I}_i[x, y]$ с помощью частных решающих правил (ЧРП) определяются частные отклики фильтра $\tilde{I}_i[x, y]$, т.е. выполняется СИ. Т.к. адекватность определенной МПДС для каждого СЭ различна, то при проектировании НФ предлагается объединять ЧРП в коллектив решающих правил (КРП). Т.о., отклик фильтра определяется видом преобразования и видом КРП. В свою очередь вид функций в результате преобразований напрямую зависит от описания эталона искомого класса СЭ.

Выводы. В данной работе рассмотрена проблема синтеза ИСППР в медицине для обработки БМС и БМИ, а также предложена адаптация обобщенного метода структурной идентификации БМС с ЛСП на основе многоканального нелинейного фильтра для выделения структурных элементов на БМИ. Дальнейшая работа направлена на создание исследовательской системы для проверки эффективности разработанного метода на реальных БМС и БМИ.

Литература. 1. Povoroznyuk A., Filatova A., Myrgorod Y. Design of non-linear filter in the problem of structural identification of biomedical signals with locally concentrated properties // Science Journal of Circuits, Systems and Signal Processing. – 2013. – 2(3). – P. 85-92. 2. Филатова А.Е. Оценка качества структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками на основе нелинейного фильтра // Тези доповідей 14 міжнародної науково-практичної конференції «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2013), 27-31 травня 2013, м. Одеса. – Україна, Одеса. – 2013. – С. 34-37.